

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

②

(43)Date of publication of application : 29.06.1992

H04L 1/00

(71)Applicant : **CANON INC**

(72)Inventor : IWAMURA KEIICHI

(57)Abstract:

## LEGAL STATUS

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-181833

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

H 04 L 1/00

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)6月29日

B

6942-5K

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全19頁)

⑭ 発明の名称 同期誤り訂正システム

⑮ 特 願 平2-308498

⑯ 出 願 平2(1990)11月16日

⑰ 発 明 者 岩 村 恵 市 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

⑱ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

⑲ 代 理 人 弁理士 大塚 康德 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

同期誤り訂正システム

2. 特許請求の範囲

(1) 所定ビットからなる複数のシンボルによつて構成される送信データに対する受信データの誤りを訂正する誤り訂正システムであつて、

少なくとも送信側に、

送信データに対する受信データの重みが異なる場合の誤り位置を検出するパリティを生成する重みパリティ生成手段と、送信データに対する受信データの重みが異ならないとき誤りシンボルのパターンがずれた場合以外の誤り位置を検出するパリティを生成する誤りパリティ生成手段と、送信データに対する受信データの重みが異ならず、かつ誤りシンボルのパターンがずれた場合その誤り位置を検出するパリティを生成するずれパリティ生成手段とを備え、

少なくとも受信側に、

送信データに対する受信データの重みが異なる

場合の誤り位置をパリティから検出する重みパリティ検出手段と、送信データに対する受信データの重みが異ならないとき誤りシンボルパターンがずれた場合以外の誤り位置をパリティから検出する誤りパリティ検出手段と、送信データに対する受信データの重みが異ならず、かつ誤りシンボルのパターンがずれた場合その誤り位置をパリティから検出するずれパリティ検出手段とを備えることを特徴とする誤り訂正システム。

(2) 所定ビットからなる複数のシンボルによつて構成される送信データに対する受信データの誤りを訂正する誤り訂正システムであつて、

少なくとも送信側に、

送信データの1が立つビットの総和によりパリティを生成する第1のパリティP。生成手段と、送信データの1シンボル内の1が立つビットの総和に一定の異なる重みを乗じて加える第2のパリティP。生成手段と、送信データの1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値の総和をとる第3のパリティP。

生成手段と、送信データの1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値に一定の異なる重みを乗じて加える第4のバリテイP。生成手段と、送信データを反転し、1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値の総和をとる第5のバリテイP。生成手段と、送信データを反転し1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値に一定の異なる重みを乗じて加える第6のバリテイP。生成手段と、送信データのシンボル間にかけて連続する1のビット数の総和からなる第7のバリテイP。生成手段と、送信データのシンボル間にかけて連続する1のビット数に一定の異なる重みを乗じて加える第8のバリテイP。生成手段と、送信データのシンボル間にかけて連続する0のビット数の総和からなる第9のバリテイP。生成手段と、送信データのシンボル間にかけて連続する0のビット数に一定の異なる重みを乗じて加える第10のバリテイP。生成手段と、送信データの1シンボル内の最

シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値に一定の異なる重みを乗じて加える第6のバリテイQ。生成手段と、受信データのシンボル間にかけて連続する1のビット数の総和からなる第7のバリテイQ。生成手段と、受信データのシンボル間にかけて連続する1のビット数に一定の異なる重みを乗じて加える第8のバリテイQ。生成手段と、受信データのシンボル間にかけて連続する0のビット数の総和からなる第9のバリテイQ。生成手段と、受信データのシンボル間にかけて連続する0のビット数に一定の異なる重みを乗じて加える第10のバリテイQ。生成手段と、受信データの1シンボル内の最初に1が立つまでの0が連続するビット数の総和からなる第11のバリテイQ。生成手段と、受信データの1シンボル内の最初に0が立つまでの1が連続するビット数の総和からなる第12のバリテイQ。生成手段と、前記第1のバリテイP。と第2のバリテイP。及び第1のバリテイQ。と第2のバリテイQ。から生成される直線と、実際の

初に1が立つまでの0が連続するビット数の総和からなる第11のバリテイP。生成手段と、送信データの1シンボル内の最初に0が立つまでの1が連続するビット数の総和からなる第12のバリテイP。生成手段とを備え、

少なくとも受信側に、

受信データの1が立つビットの総和によりバリテイを生成する第1のバリテイQ。生成手段と、受信データの1シンボル内の1が立つビットの総和に一定の異なる重みを乗じて加える第2のバリテイQ。生成手段と、受信データの1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値の総和をとる第3のバリテイQ。生成手段と、受信データの1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値に一定の異なる重みを乗じて加える第4のバリテイQ。生成手段と、受信データを反転し、1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値の総和をとる第5のバリテイQ。生成手段と、受信データを反転し1

通信データのシンボルのずれを表す直線との交点から送信データに対する受信データの重みが1より大きくずれた場合の誤り位置を検出する第1の誤り位置検出手段と、送信データに対する受信データの重みが1以内のずれである場合、他のシンボルの重みのずれか、前記 $P_i \sim P_{i+1}$ 、 $Q_i \sim Q_{i+1}$ のバリテイから生成される $(P_{i+1} - Q_{i+1}) / (P_i - Q_i)$  ( $i = 2, 4, 6, 8$ )のいずれかによつて誤り位置を検出する第2の誤り位置検出手段と、 $P_i - Q_i$  ( $i = 10, 11$ )によつて誤り位置をチェックする誤り位置チェック手段を有することを特徴とする誤り訂正システム。

(3) 請求項第2項記載の誤り訂正システムにおいて、

前記各バリテイ生成手段における1と0の表現を反転した場合としない場合を組み合わせて訂正する誤り訂正手段を備えることを特徴とする誤り訂正システム。

## 3. 発明の詳細な説明

## 【産業上の利用分野】

本発明は誤り訂正システムに関し、例えば、光ディスクや光磁気ディスク、光通信、衛星通信等の通信路に対するデータの誤り、特に同期ずれを有効に検出・訂正可能な誤り訂正システムに関するものである。

## 【従来の技術】

例えば、光ディスクや光磁気ディスク、光通信、衛星通信等の通信路に対するデータの誤りには、ビットが0から1、または1から0に反転する誤りと、ビット抜け、またはビット挿入による誤りが考えられる。

以下の説明においては、以後、あるビットに誤りが付加され、その値が0から1、または1から0に反転する誤りを単に『誤り』と称し、それを訂正する符号を『誤り訂正符号』と称す。さらに、ビット抜けまたはビット挿入によつてビットがずれた誤りを『同期誤り』、それを訂正する符号を『同期誤り訂正符号』と呼ぶことにする。

られる。更にこのような同期誤りが生じる場合、その前後に集中してビット反転による誤りも生じることが予想される。しかし、今まで誤りと同期誤りを同時に訂正する符号は提案されていなかった。

## 【発明が解決しようとしている課題】

本発明は上述の課題を解決することを目的として成されたもので、上述の課題を解決する一手段として第1図に示す以下の構成を備える。

第1図は本発明に係る一実施例の機能ブロック図であり、係る機能はハードウェア構成で達成しても、またCPUを備え、該CPUをプログラムを用いて動作させて達成してもよい。

即ち、所定ビットからなる複数のシンボルによつて構成される送信データに対する受信データの誤りを訂正する誤り訂正システムであつて、少なくとも送信側100に、送信データ101に対する受信データの重みが異なる場合の誤り位置を検出するパリティを生成する重みパリティ生成手段102と、送信データに対する受信データの重み

誤り訂正符号については今まで多くの研究が行われ、ランダム誤りやバースト誤りに対して優れた符号が提案されている。

## 【発明が解決しようとしている課題】

しかし、誤り訂正符号は同期誤りに対して有効な訂正を行うことができなかった。

なぜならば、同期誤りが例え1ビットのビット抜け、またはビット挿入であつても、それ以降のビットが全てずれてしまい、従来のハミング距離的な考えではビットずれ以降のビットが全て誤りとなる可能性があり、誤り訂正能力の限界を越えてしまうためである。

また、同期誤り訂正符号は同期誤りのみを対象とし、他にビット反転による誤りが起こった場合を想定していないため実用上あまり有効ではなかった。

同期誤りは、その名の通りデータに対するクロック等の同期がずれたときに起こると考えられる。このような同期誤りは、使用する通信系によつては、単なる誤りよりも多く起こる場合が考え

が異ならないとき誤りシンボルのパターンがずれた場合以外の誤り位置を検出するパリティを生成する誤りパリティ生成手段103と、送信データに対する受信データの重みが異ならず、かつ誤りシンボルのパターンがずれた場合その誤り位置を検出するパリティを生成するずれパリティ生成手段104とを備え、少なくとも受信側200に、送信データ201に対する受信データの重みが異なる場合の誤り位置をパリティから検出する重みパリティ検出手段202と、送信データに対する受信データの重みが異ならないとき誤りシンボルパターンがずれた場合以外の誤り位置をパリティから検出する誤りパリティ検出手段203と、送信データに対する受信データの重みが異ならず、かつ誤りシンボルのパターンがずれた場合その誤り位置をパリティから検出するずれパリティ検出手段204とを備える。

または第2図に示す以下の構成を備える。

即ち、所定ビットからなる複数のシンボルによつて構成される送信データに対する受信データの

誤りを訂正する誤り訂正システムであつて、少なくとも送信側に、送信データ101の1が立つビットの総和によりパリティを生成する第1のパリティP。生成手段151と、送信データの1シンボル内の1が立つビットの総和に一定の異なる重みを乗じて加える第2のパリティP。生成手段152と、送信データの1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値の総和をとる第3のパリティP。生成手段153と、送信データの1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値に一定の異なる重みを乗じて加える第4のパリティP。生成手段154と、送信データを反転し、1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値の総和をとる第5のパリティP。生成手段155と、送信データを反転し1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値に一定の異なる重みを乗じて加える第6のパリティP。生成手段156と、送信データのシンボル間にかけて

連続する1のビット数の総和からなる第7のパリティP。生成手段157と、送信データのシンボル間にかけて連続する1のビット数に一定の異なる重みを乗じて加える第8のパリティP。生成手段158と、送信データのシンボル間にかけて連続する0のビット数の総和からなる第9のパリティP。生成手段159と、送信データのシンボル間にかけて連続する0のビット数に一定の異なる重みを乗じて加える第10のパリティP。生成手段160と、送信データの1シンボル内の最初に1が立つまでの0が連続するビット数の総和からなる第11のパリティP。生成手段161と、送信データの1シンボル内の最初に0が立つまでの1が連続するビット数の総和からなる第12のパリティP。生成手段162とを備え、少なくとも受信側に、受信データ201の1が立つビットの総和によりパリティを生成する第1のパリティQ。生成手段251と、受信データの1シンボル内の1が立つビットの総和に一定の異なる重みを乗じて加える第2のパリティQ。生成手段252

と、受信データの1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値の総和をとる第3のパリティQ。生成手段253と、受信データの1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値に一定の異なる重みを乗じて加える第4のパリティQ。生成手段254と、受信データを反転し、1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値の総和をとる第5のパリティQ。生成手段255と、受信データを反転し1シンボル内の最初に1が立つビットを最下位ビットとして2進数表現した値に一定の異なる重みを乗じて加える第6のパリティQ。生成手段256と、受信データのシンボル間にかけて連続する1のビット数の総和からなる第7のパリティQ。生成手段257と、受信データのシンボル間にかけて連続する1のビット数に一定の異なる重みを乗じて加える第8のパリティQ。生成手段258と、受信データのシンボル間にかけて連続する0のビット数の総和からなる第9のパリティ

Q。生成手段259と、受信データのシンボル間にかけて連続する0のビット数に一定の異なる重みを乗じて加える第10のパリティQ。生成手段260と、受信データの1シンボル内の最初に1が立つまでの0が連続するビット数の総和からなる第11のパリティQ。生成手段261と、受信データの1シンボル内の最初に0が立つまでの1が連続するビット数の総和からなる第12のパリティQ。生成手段262と、前記第1のパリティP。と第2のパリティP。及び第1のパリティQ。と第2のパリティQ。から生成される直線と、実際の通信データのシンボルのずれを表す直線との交点から送信データに対する受信データの重みが1より大きくずれた場合の誤り位置を検出する第1の誤り位置検出手段270と、送信データに対する受信データの重みが1以内のずれである場合、他のシンボルの重みのずれか、前記P。～P。、Q。～Q。のパリティから生成される $(P_{i+1} - Q_{i+1}) / (P_i - Q_i)$  ( $i = 2, 4, 6, 8$ )のいずれかによつて誤り位置を検出

を検出する第2の誤り位置検出手段271と、 $P_i - Q_i$  ( $i = 10, 11$ ) によつて誤り位置をチェックする誤り位置チェック手段271とを備える。

#### 【作用】

以上の構成において、通信データに発生する誤りを含む同期誤りを訂正する符号を提案し、該符号により誤りを含む同期誤りを訂正する同期誤り訂正システムを提供できる。

この同期誤り訂正符号はqビットを1シンボルとしたkシンボルの情報系列において、1シンボル内であれば任意の誤りを含む同期誤りを訂正できるものである。

#### 【実施例】

以下、図面を参照して本発明に係る一実施例を詳細に説明する。

#### <本実施例システムの構成>

第3図は本発明に係る一実施例の同期誤り訂正システムのブロック構成図であり、図中、1はROM2に格納された制御手順に従い本実施例全

体の制御を司る制御部、2は後述するプログラム等の格納されたROM、3は通信路11よりのパリティを含む受信データを受信する受信部、4は受信部3で受信した受信データのパリティを解析するパリティ解析部、5は受信バッファ、6は制御部1よりの送信データより同期誤り訂正パリティ等生成するパリティ生成部、6はパリティの附加された送信データを一時記憶する送信バッファである。

また、15は通信データを送受するホストである。

#### <本実施例の誤り訂正原理>

以上の構成を備える本実施例の制御部1、パリティ解析部4及びパリティ生成部6で行なわれる同期誤り訂正原理の概略を以下に説明する。

今、送信部7よりデータを送信する情報系列Iを、 $[I_1, I_2, \dots, I_n, I_{n+1}]$ とする。ただし、 $I_i$ は次のようにqビットからなるシンボルである。 $(I_{i,j})$ はビットを表す

$$I_i = [I_{i,q}, I_{i,q-1}, \dots, I_{i,1}, I_{i,0}]$$

送信側でIから次のパリティ $P_0 \sim P_{11}$ を生成し、Iとともに送信する。ただし、以下は整数演算である。

$$P_0 = \sum_{n=1}^N (\sum_{n=1}^q I_{i,n}) \quad (1)$$

$$P_1 = \sum_{n=1}^N (\sum_{n=1}^q I_{i,n}) \cdot i \quad (2)$$

$$P_2 = \sum_{n=1}^N I_{i,q-1} \quad (3)$$

$$P_3 = \sum_{n=1}^N I_{i,q-1} \cdot i \quad (4)$$

$$P_4 = \sum_{n=1}^N I_{i,q-2} \quad (5)$$

$$P_5 = \sum_{n=1}^N I_{i,q-2} \cdot i \quad (6)$$

$$P_6 = \sum_{n=1}^N (s_{1,i} + r_{1,i-1}) \quad (7)$$

$$P_7 = \sum_{n=1}^N (s_{1,i} + r_{1,i-1}) \cdot i \quad (8)$$

$$P_8 = \sum_{n=1}^N (s_{0,i} + r_{0,i-1}) \quad (9)$$

$$P_9 = \sum_{n=1}^N (s_{0,i} + r_{0,i-1}) \cdot i \quad (10)$$

$$P_{10} = \sum_{n=1}^N s_{1,i} \quad (11)$$

$$P_{11} = \sum_{n=1}^N s_{0,i} \quad (12)$$

ここで、 $s_{1,i}$ 、 $s_{0,i}$ はi番目のシンボルにおいてLSBから数えて各々1または0が最初に

立つまでのビット数を表す。また $I_{i,j}$ はi番目のシンボルにおいて $s_{1,i} + 1$ 番目のビットを最下位ビットとして2進数表現した値、即ち、

$$I_{i,j} = I_{i,n} \cdot 2^{n-1} \cdot 2^{-(s_{1,i} \bmod q)}$$

を表し、 $I_{i,j}$ はi番目のシンボルにおいて1、0を反転した値を $R_{i,n} = (I_{i,n} + 1) \bmod 2$ としたとき $s_{0,i} + 1$ 番目のビットを最下位ビットとして2進数表現した値、即ち、

$$I_{i,j} = R_{i,n} \cdot 2^{n-1} \cdot 2^{-(s_{0,i} \bmod q)}$$

を表す。

( $I_{i,j}$ 、 $I_{i,j}$ は各々1、0が最初に立つたビットから見た1、0による2進法表現になっており、ここでは各々1による核値、0による核値と呼ぶ。)

また、 $r_{1,i-1}$ 、 $r_{0,i-1}$ はi-1番目のシンボルにおいてMSBから逆に数えて各々1、0が最後に立っているビットまでのビット数を表す。従つて、 $s_{1,i} + r_{1,i-1}$ 、 $s_{0,i} + r_{0,i-1}$ はi-1番目のシンボルからi番目のシンボルにかけて連続する1または0のビット数を表す。



また、 $j$  は正の奇数を表す。

従つて、式(7)～(10)において、

$s1_{j-1} + r1_{j-1}$ 、 $s0_{j-1} + r0_{j-1}$  は1シンボルおきに演算される。

ここで、伝送中にシンボル $I_j$ 中のビット $I_{j,n}$ が抜け、 $I_j$ の他のビットに誤り $e_{j,n}$ が付加したとすると、シンボル $I_j$ の $I_{j,n}$ を除く各ビットは、 $I_{j,n} + e_{j,n}$ と表される( $e_{j,n}$ は $I_{j,n}$ が0から1に誤るとき1、 $I_{j,n}$ が1から0に誤るとき-1、誤りなしのとき0と表される)。また、受信側はパリティ $P_0 \sim P_{j-1}$ と情報系列 $I$ から構成される符号語の全ビット数を予め知っており、同期誤りが生じていることは受信データのビット数が符号語のビット数と異なっていることから検出できるとする。

このとき次の3つの手順によつて誤りを含む同期誤りが訂正できる。

(手順1) 重みが異なる誤りの訂正

誤りを含む同期誤りによつて誤つたシンボルの重みが、送信時と受信時で変化している場合

の誤り訂正。または、誤りを含む同期誤りによつて誤つたシンボルの重みが送信時と受信時で変化していない場合でもその同期誤りシンボルの前後で、ずれが生じたシンボルの重みが異なる場合の誤り訂正。この場合、送信データの重みから生成されるパリティ $P_0 \sim P_{j-1}$ によつて誤り位置が求められる。

(手順2) 重みが変わらず核値の異なる誤りの訂正

手順1で訂正できなかった誤りを含む同期誤りによつて誤つたシンボルの重みが、送信時と受信時で変化せず、かつずれたシンボルの重みも変化していない場合の誤り訂正。 $P_0 \sim P_{j-1}$ で誤り位置を求める。ただし、誤つたシンボルの核値は送信時と受信時で異なるとする。

(手順3) 重みと核値が異なる誤りの訂正

手順1、2で訂正できなかった誤りを含む同期誤りによつて誤つたシンボルの重みと核値が送信時と受信時で変換せず、かつずれたシンボルの重みも変化していない場合の誤り訂正。

以後、手順1～3を詳細に説明する。

[手順1] 重みが異なる誤りの訂正方式

受信データから $P_0 \sim P_{j-1}$ と同様の演算によつて次の $Q_0 \sim Q_{j-1}$ を生成する。

$$Q_0 = P_0 - I_{j,0} \cdot j + \sum_{n=1}^j e_{j,n} \quad (13)$$

$$Q_1 = P_1 - I_{j,1} \cdot j + \sum_{n=1}^j e_{j,n} \cdot j^{-1} + \sum_{n=1}^j I_{j,n} \quad (14)$$

従つて、 $P_0 - Q_0$ 、 $P_1 - Q_1$ は次のように表される。

$$P_0 - Q_0 = I_{j,0} - \sum_{n=1}^j e_{j,n} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} P_1 - Q_1 &= (I_{j,1} - \sum_{n=1}^j e_{j,n} \cdot j^{-1}) \cdot j - \sum_{n=1}^j I_{j,n} \\ &= (P_0 - Q_0) \cdot j - \sum_{n=1}^j I_{j,n} \end{aligned} \quad (16)$$

[( $P_0 - Q_0$ ) < 0 の場合]

式(16)において未確定であるのは、

$j$  と  $\sum_{n=1}^j I_{j,n}$  である。そこで  $j = x$  とし、

$x-1$  までのシンボル毎の1ずつの総和である

$\sum_{n=1}^{x-1} I_{j,n}$  を  $y$  とすると、 $x$  と  $y$  の関係は式

(16) から次のようになる。

$$y = (P_0 - Q_0) \cdot x - (P_1 - Q_1) \quad (17)$$

式(16)から $P_1 - Q_1 < 0$ であるので、式(17)は第4図の直線aのように $x=0$ のとき正の値 $Q_1 - P_1$ から $x$ に増加に従つて単調減少する直線で表される。

ところが、実際のシンボルの位置を表す $x$ と、そこまでの1のずれの総和 $y$ の関係は、第4図の直線bのように $x=0$ のとき $y=0$ の値から $x$ に従つて単調非減少となる( $I_{j,0}=1$ のときは増加するが、 $I_{j,0}=0$ のときは $x$ に対して変化しない)。従つて、直線aとbは必ず1つの交点を持つ。 $j$ は式(17)である直線aと、実際のずれを表す直線bを、同時に満足するはずであるので、直線aとbの交点となる $x$ の値が $j$ となる。

[( $P_0 - Q_0$ ) > 1 の場合]

$j = x$  とし、 $x-1$ までのシンボル毎の0のず

れの総和である $(x-1) - \sum_{n=1}^{x-1} I_{j,n}$  を  $y$  とす

る式(16)は、次のようになる。

$$y = -(P_0 - Q_0 - 1)x + (P_1 - Q_1 - 1) \quad (18)$$

式(16)から $(P_1 - Q_1 - 1) > 0$ であるので、式(18)は式(17)と同様に第1図の直線aのように $x = 0$ のときの正の値 $P_1 - Q_1 - 1$ から $x$ に従って単調減少する直線で表される。

また、実際のシンボルの位置を表す $x$ とここまでの0のずれの総和 $y$ の関係も、第1図の直線bのように $x = 0$ のとき $y = 0$ の値から $x$ に従って単調非減少となる。従って、 $(P_0 - Q_0) < 0$ の時と同様の議論が成り立ち、直線aとbの交点の $x$ の値が $j$ となる。

[ $P_0 - Q_0 = 0$ または $P_0 - Q_0 = 1$ の場合]

$P_0 - Q_0 = 0$ か $P_0 - Q_0 = 1$ のときは、式(17)、(18)を表す直線aは第5図のように $x$ 軸に対して平行になる。このとき、実際のずれを表す直線bが直線aとの交点の前後で単調に増加し続けられ、直線aとbは1点で交わり誤り位置 $j$ を特定できる。しかし、第5図に示すように直

線bが直線aに交わったところから増加しなくなる場合、直線aとbは1点で交わらず誤り位置 $j$ が特定できない。

$P_0 - Q_0 = 0$ の場合は、誤りが生じたシンボルの重みが変わらないことを意味し、直線bが増加しない部分は $I_{1,0} = 0$ が連続していることを意味する。即ち、シンボルの重みがずれによって変わらないことを意味する。

$P_0 - Q_0 = 1$ の場合は、0の重みで考えると同様の議論が成り立つ。従って、手順1の操作で訂正できないのは誤りを含む同期誤りによって各シンボルの0か1の重みが変わらないように誤った場合だけであることがわかる。

そこで、手順1の操作で誤り位置が特定できなかった場合は、 $P_0 \sim P_x$ を用いて次のようにして誤りを含む同期誤り位置を求める。

受信データから $P_0, P_1$ と同様の演算によって次の $Q_0, Q_1$ を生成する。

$$Q_0 = P_0 - I_{1,0} \cdot j + \sum_{n=1}^x e_{j,n} \cdot j \quad (13)$$

$$Q_1 = P_1 - I_{1,1} \cdot j + \sum_{n=1}^x e_{j,n} \cdot j + \sum_{n=1}^{j-1} I_{1,n} \quad (14)$$

従って、 $P_0 - Q_0, P_1 - Q_1$ は次のように表される。

$$P_0 - Q_0 = I_{1,0} - \sum_{n=1}^x e_{j,n} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} P_1 - Q_1 &= (I_{1,1} - \sum_{n=1}^x e_{j,n}) \cdot j - \sum_{n=1}^{j-1} I_{1,n} \\ &= (P_0 - Q_0) \cdot j - \sum_{n=1}^{j-1} I_{1,n} \end{aligned} \quad (16)$$

式(16)において未確定であるのは、 $j$ と

$\sum_{n=1}^{j-1} I_{1,n}$ である。そこで $(P_0 - Q_0) < 0$

のとき、 $j = x, x-1$ までのシンボル毎の1のずれの総和である

$\sum_{n=1}^{x-1} I_{1,n}$ を $y$ とすると、 $x$ と $y$ の関係は式

(16)から次のようになる。

$$y = (P_0 - Q_0)x - (P_1 - Q_1) \quad (17)$$

$P_0 - Q_0$ のとき式(16)から $P_1 - Q_1 < 0$ であるので、式(17)は第4図の直線aのように

$x = 0$ のときの正の値 $Q_1 - P_1$ から単調減少する直線で表される。ところが、実際シンボルの位置を表す $x$ と、そこまでの1のずれの総和 $y$ の関係は、第4図に示す直線bのように、 $x = 0$ のとき $y = 0$ の値から $x$ に従って単調非減少となる( $I_{1,n} = 1$ のときは増加するが、 $I_{1,n} = 0$ のときは $x$ に対して変化しない)。従って、直線aとbは必ず1つの交点を持つ。

$j$ は式(17)である直線aと実際のずれを表す直線bを同時に満足するはずであるので、直線aと直線bの交点となる $x$ の値が $j$ となる。

また、 $(P_0 - Q_0) > 1$ のとき $j = x, x-1$ までのシンボル毎の0のずれの総和である

$(x-1) - \sum_{n=1}^{x-1} I_{1,n}$ を $y$ とすると、式(16)

は次のようになる。

$$y = -(P_0 - Q_0 - 1)x + (P_1 - Q_1 - 1) \quad (18)$$

$(P_0 - Q_0) > 1$ のとき、式(16)から $(P_1 - Q_1 - 1) > 0$ であるので、式(18)は

式(17)と同様に第4図の直線aのように $x=0$ のときの正の値( $P_0 - Q_0 - 1$ )から $x$ に従って単調減少する直線で表される。また、実際のシンボルの位置を表す $x$ とそこまでの0のずれの総和 $y$ の関係も第4図の直線bのように $x=0$ のとき $y=0$ の値から $x$ に従って単調非減少となる。従つて、 $(P_0 - Q_0) < 0$ の時と同様の議論が成り立ち、直線aと直線bの交点の $x$ の値が $j$ となる。

このとき誤りの生じた $I_j$ の本来の値を求めるために、ずれの生じた $j$ 以降のシンボルのずれを元に戻し $I_j$ 以外のシンボルを確定する。

$P_2, P_1$ から、確定したシンボルの $I_{1,1}, s_{1,1}, (i=1 \dots n, i \neq j)$ を各々引くことによつて、 $I_{1,1}, s_{1,1}$ が得られ、 $I_{1,1} \cdot 2^{(1,1) \dots (1,1)} = I_{1,n} \cdot 2^{(1,1)}$ の演算から $I_j$ の本来の値が求められる。

以上は $0 > (P_0 - Q_0) < 1$ の場合の誤りを含む同期誤りの訂正手法である。

しかし、 $P_0 - Q_0 = 0$ か $P_0 - Q_0 = 1$ のと

きは、式(17)、(18)を表す直線aは第5図のように $x$ 軸に対して平行になる。このとき実際のずれを表す直線bが直線aとの交点の前後で単調に増加し続けられ、直線aと直線bは1点で交わり誤り位置 $j$ を特定できる。しかし、第5図に示すように直線bが直線aに交わつたところから増加しなくなる場合、直線aと直線bとは1点で交わらず誤り位置 $j$ が特定できない。

$P_0 - Q_0 = 0$ は誤りが生じたシンボルの1の重みが変わらないことを意味し、直線bが増加しない部分は $I_{1,1} = 0$ が連続している、即ち、シンボルの1の重みがずれによつて変わらないことを意味する。従つて、手順1の操作で訂正できないのは、誤りを含む同期誤りによつて各シンボルの0か1の重みが変わらないように誤つた場合だけであることがわかる。

そこで、手順1の操作で訂正できなかった場合は、 $P_2 \sim P_1$ を用いて次のようにして誤りを含む同期誤りを行う。

(手順2) 重みが変わらず核値の異なる誤りの訂

## 正

まず、ここでは $P_0 - Q_0 = 0$ の場合について考える。

手順1の操作によつて誤り位置 $j$ が特定できなかった場合、誤り位置が特定できなかったシンボル以外は誤っていないので、まず、ずれを元に戻し、 $P_2, P_1$ からずれを元に戻したシンボルの $I_{1,1}, s_{1,1}$ の値を引いた値 $P_2', P_1'$ を計算する。シンボル位置 $x_1$ から $x_2$ の間で $j$ が特定できないとすると、 $P_2', P_1'$ は次のように表せる。

$$P_2' = \sum_{i=1}^{x_2} I_{1,i} \quad (19)$$

$$P_1' = \sum_{i=1}^{x_2} I_{1,i} \cdot i \quad (20)$$

次に、受信系列から誤り位置が特定できない部分の $Q_2', Q_1'$ を計算する。

前述したように、誤り位置が特定できない部分は $I_{1,1} = 0$ が連続していることを示し、シンボルの1による重みがずれによつて変わらないことを意味する。これは、ずれがシンボル間に影響せ

ずに1シンボル内で完結し、最初に1が立つたところを最下位ビットと考えるとずれに関係なく1による核値が変わらないと考えることができる。ただし、誤りが生じているシンボルの核値は異なると考えられる。従つて、誤りが生じていないシンボルの核値 $I_{1,1}$ は変わらず、誤り位置 $j$ の核値が $I_{1,1}$ から $I_{1,1}'$ になつてとすると、 $Q_2', Q_1'$ は次のように表せる。

$$Q_2' = \sum_{i=1}^{x_2} I_{1,i} + I_{1,j}' + \sum_{i=x_2+1}^{x_3} I_{1,i} \quad (21)$$

$$Q_1' = \sum_{i=1}^{x_2} I_{1,i} \cdot i + I_{1,j}' \cdot j + \sum_{i=x_2+1}^{x_3} I_{1,i} \cdot i \quad (22)$$

従つて、 $P_2' - Q_2' = P_1' - Q_1'$ は、

$$P_2' - Q_2' = I_{1,1} - I_{1,1}' \quad (23)$$

$$P_1' - Q_1' = (I_{1,1} - I_{1,1}') \cdot j \quad (24)$$

となり、 $P_2' - Q_2' = I_{1,1} - I_{1,1}' \neq 0$ の場合、誤り位置 $j$ を

$(P_2' - Q_2') / (P_1' - Q_1')$ から求めることができる。

次に、 $P_0 - Q_0 = 1$ の場合、誤り位置が特定

できない部分は  $I_{j,j} = 1$  が連続しており、0の重みについて考えればシンボルの重みがずれによつて変わらない。

従つて、 $P_{j,j} - Q_{j,j} = 1$  の場合、0, 1を反転して考えた  $P_{j,j}$ ,  $P_{j,j}$  について同様の議論を行えば、 $P_{j,j} - Q_{j,j} = I_{j,j} - I_{j,j} \neq 0$  のとき誤り位置  $j$  を

$(P_{j,j} - Q_{j,j}) / (P_{j,j} - Q_{j,j})$  から求めることができることは明かである。

以上によつて誤り位置  $j$  を特定した後は、手順1と同じ手法によつてシンボル  $I_j$  の本来の値を求める。

しかし、ここで、 $Q_{j,j} - P_{j,j} = 0$ 、または  $Q_{j,j} - P_{j,j} = 0$  の場合、誤り位置  $j$  を特定できない。従つて、手順1, 2の操作で誤り位置  $j$  を特定できないのは、誤りを含む同期誤りによつて核シンボル毎の重みが事ならず、かつ、核値も異ならないように誤つた場合である。

手順1, 2によつて訂正できない誤りは、 $P_{j,j} - P_{j,j}$  を用いて次のようにして訂正を行う。

この時、 $P_{j,j}$ ,  $P_{j,j}$ ,  $P_{j,j}$  と同じ演算で  $Q_{j,j}$ ,  $Q_{j,j}$ ,  $Q_{j,j}$  を計算すると次のように表せる。

$$Q_{j,j} = \sum_{i=1}^n (s_{1,i} + r_{1,i-1}) + a \quad (25)$$

$$Q_{j,j} = \sum_{i=1}^n (s_{1,i} + r_{1,i-1}) \cdot i + a \cdot y \quad (26)$$

$$Q_{j,j} = \sum_{i=1}^n s_{1,i} + x + \sum_{i=1}^{j-1} (s_{1,i} + 1) \quad (27)$$

ここで、 $P_{j,j}$ ,  $P_{j,j}$  の  $i$  は奇数としているので、誤り位置  $j$  が奇数の時  $s_{1,j}$  が  $s_{1,j} + x$  に変化して、 $y = j$ ,  $a = x$  となる。誤り位置  $j$  が偶数の時  $r_{1,j-1}$  が  $r_{1,j-1} - (x+1)$  に変化するので  $y = j+1$ ,  $a = -(x+1)$  となる。  
 $a, y$  は

$$-(P_{j,j} - Q_{j,j}) = a \quad (28)$$

$$P_{j,j} - Q_{j,j} = -a \cdot y \quad (29)$$

$$(P_{j,j} - Q_{j,j}) / (P_{j,j} - Q_{j,j}) = y \quad (30)$$

から得られる。また、

$$P_{j,j} - Q_{j,j} = -(j-1+x) \quad (31)$$

であるので、誤り位置  $j$  の値が奇数であるか、偶数であるかは、式 (28), (30) から得られた

(手順3) 重みと核値が異なる誤りの訂正

手順1, 2によつて訂正できない誤りを含む同期誤りによつて重みと核値が異なる場合は、誤りが生じているシンボル内で核値を構成するビットがまとまらずれたときである。

このとき、手順3では、核値を構成しないビット系列の長さの変化によつて訂正を行う。

$< P_{j,j} - Q_{j,j} = 0$  の場合  $>$

1による核値を構成しないビット系列の長さは、 $P_{j,j}$  を生成する  $s_{1,j} + r_{1,j}$  によつて示される。ここで誤り位置  $j$  以降のシンボルは、ずれによつて核値の始まりが  $s_{1,j}$  から  $s_{1,j} + 1$  になり、 $r_{1,j}$  は  $r_{1,j} - 1$  となるので、ずれによつて1による核値を構成しないビット系列の長さは変化しない。しかし、誤り位置  $j$  において1による核値の始まりが誤りによつて  $s_{1,j}$  から  $s_{1,j} + x$  にずれた場合、誤り位置  $j$  における  $r_{1,j}$  は  $r_{1,j} - (x+1)$  になるので、誤り位置  $j$  においてのみ1による核値を構成しないビット系列の長さが変化する。

$a, y$  と式 (31) から

$$-(y-1+a) = P_{j,j} - Q_{j,j} \text{ であれば奇数}$$

$$-(y-3+a) = P_{j,j} - Q_{j,j} \text{ であれば偶数}$$

であることがわかる。

また、式 (28) から得られる  $a$  が0である場合を考える。

仮に、 $y = j$ ,  $a = x = 0$  であるとする、 $j+1$  におけるずれの大きさは

$$-(x+1) = -1, \text{ ずれの位置は式 (31) から } j+1 = 2 - (P_{j,j} - Q_{j,j}) \text{ となる。}$$

また、 $y = j+1$ ,  $a = -(x+1) = 0$  と仮定しても、同様に、ずれの大きさ  $x = -1$ 、ずれの位置は  $2 - (P_{j,j} - Q_{j,j})$  となる。従つて、式 (28) が0である場合は  $2 - (P_{j,j} - Q_{j,j})$  番目のシンボルの核値の始まりが0ビット抜けによつて1ずれていることになる。

$< P_{j,j} - Q_{j,j} = 1$  の場合  $>$

0による核値を構成しないビット系列の長さによつて同様に求めることができる。

従つて、 $P_{j,j} - Q_{j,j} = 0$  の場合の  $P_{j,j}$ ,  $P_{j,j}$ ,

$P_{10}$ に対応して $P_0, P_1, P_2$ によつて同様の演算を行えば誤り位置 $j$ が求められる。

以上、この符号によつてビット抜けの場合の誤りを含む同期誤りの位置が求められることを説明したが、誤りの生じた $I_j$ の本来の値は次のようにして求められる。

まず、ずれの生じた $j$ 以降のシンボルのずれを元に戻し、 $I_j$ 以外のシンボルを確定する。

$P_0, P_{10}$ から確定したシンボルの、 $I_1, \dots, s_1, (i=1 \dots n, i \neq j)$ を各々引くことによつて、 $I_{11}, \dots, s_{11}$ が得られる。従つて、 $I_{11} \cdot 2^{(n-1)} \dots 2^1 = I_{1n} \cdot 2^{n-1}$ の演算から $I_j$ の本来の値が求められる。

また、ビット挿入の場合はビット抜けの場合の逆、即ちビット抜けの場合の受信系列とそれから生成されるパリティ $Q_0 \sim Q_{11}$ が送信され、通信路で $I_{10}$ のビットが挿入され、 $-e_{10}$ の誤りが付加されると考えれば、同様の処理によつて誤りを含む同期誤りが訂正できることは明かである。

数を各々 $p_0 \sim p_{11}$ で表す。

$$\begin{aligned} p_0 &= \log_2 2q, & p_1 &= \log_2 k, \\ p_2 &= q, & p_3 &= \log_2 k, \\ p_4 &= q, & p_5 &= \log_2 k, \\ p_6 &= \log_2 2q, & p_7 &= \log_2 k/2, \\ p_8 &= \log_2 2q, & p_9 &= \log_2 k/2, \\ p_{10} &= \log_2 2k, & p_{11} &= \log_2 k \end{aligned}$$

次に、パリティが誤つた場合について考察する。

パリティ $P_0 \sim P_{11}$ を第6図のように配置し、受信データを次のように区切る。先頭に配置したパリティとデータは受信データの先頭から所定のビット数毎に区切り、符号語の語尾に配置したパリティ $P_0, P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ は受信データの終わりから所定のビット数毎に区切る。また、 $P_0, P_1$ は先頭のパリティもデータとして扱い、生成したものとする。

誤りが生じた場所を次の場合に分けて考える。

①先頭のパリティに誤りが生じた場合

手順1で用いる $P_0, P_1$ は誤っていないの

更に、同期誤りを含まない単なる1シンボル誤りも、シンボル間に誤りが影響しない場合のパリティ $P_0 \sim P_{11}$ を用いて訂正できることは明かである。

以上によつて、パリティが誤らないと仮定したときに1シンボル内の誤りを含む同期誤り訂正できる符号を示した。ここではこの符号の冗長度とそのパリティが誤つた場合について考察する。

まず冗長度について考察する。

パリティ $P_0$ は、 $q \geq P_0 - Q_0 \geq -q + 1$ であり、 $P_0, Q_0$ は $2q$ でモジュロをとることができる。

この場合 $2q - 1 \geq P_0 - Q_0 \geq q + 1$ である。 $P_0 - Q_0$ は負の値を意味し、 $P_0 - Q_0 - 2q$ によつてその負の値が得られる。その後は、以上の手順で同期誤りの位置を求めることができるので、 $P_0$ に必要なビットは $\log_2 2q$ となる。以下同様に、 $P_1 \sim P_{11}$ に必要なビットは、各々 $P_i - Q_i, (i=1 \dots 11)$ の最大値から次のようになる。ただし、 $P_0 \sim P_{11}$ に必要なビット

で、手順1は誤つた先頭パリティを誤り位置として特定するか、重みが異ならず誤り位置を特定できない2つの状態が考えられる。

誤り位置が特定できない場合、手順2を行うが、語尾のパリティ $P_2, P_3, P_4, P_5$ は正しく、かつ先頭パリティをデータとして扱わないので、 $P_i - Q_i = 0 (i=3, 5, 7, 9)$ となる。 $P_0 - Q_0 = 0$ のとき、 $P_1 - Q_1 = 0 (i=3, 5, 7, 9)$ となるのは、情報系列がオール0であつて0が1ビット抜けた場合であり、 $P_0 - Q_0 = 1$ のとき、 $P_1 - Q_1 = 0 (i=3, 5, 7, 9)$ となるのは、情報系列がオール1であつて1が1ビット抜けた場合である。

このため、受信データの情報系列部がオール0かオール1でなければパリティの誤り、オール0かオール1であれば任意の位置に0か1を挿入すればよい。

② $P_2, P_3, P_4, P_5$ が誤つた場合

先頭のパリティと、手順1で用いるパリティ $P_0, P_1$ は正しく区切られる。従つて、 $P_0 -$

$Q_0 = 0$  かつ  $P_i - Q_i = 0$  ( $i = 2, 4, 6, 8$ ) となる。

この場合も、上述した①と同様に情報系列がオール0の場合以外ないので、受信データの情報系列がオール0でなければパリティの誤りであることがわかる。

### ③ $P_0, P_1$ が誤った場合

手順1において先頭パリティを誤り位置として特定するか、誤り位置を特定できなくなれば、①と同様の処理を行う。情報系列のあるバイトを誤りと誤って判定した場合、まずのそ誤り位置の誤りパターンを導出して誤り訂正を行った後、 $P_i - Q_i = 0$  ( $i = 0, \dots, 11$ ) となることを確かめる。正しく訂正している場合は

$P_i - Q_i = (i = 0, \dots, 11)$  となるが、誤り訂正している場合は

$P_i - Q_i = 0$  ( $i = 0, \dots, 11$ ) とならない。 $P_i - Q_i = 0$  ( $i = 0, 1$ ) でなければ誤り訂正であることは明かであるが、 $P_i - Q_i = 0$  ( $i = 0, 1$ ) となる場合にも、次のような理由

誤りであれば訂正できることが言える。(パリティの誤りは1つのブロック内であれば複数のパリティにまたがっていてもよい)。従つて、先頭パリティ部と語尾パリティ部が各々 $q$ の倍数ビットで構成されていれば、全ての1バイトの誤りを含む同期誤りを訂正できる符号となる。

各パリティ部を $q$ 倍数ビットで構成するためには次の $p_{11}, p_{12}$ ビットのダミービットを各々図3の符号系列の前後に挿入すればよい。

$$p_{11} = m_1 \cdot q - (p_2 + p_4 + p_6 + p_{10} + p_{11})$$

$$p_{12} = m_2 \cdot q - (p_3 + p_5 + p_7 + p_9 + p_{11})$$

ただし、

$$m_1 = \lceil (p_2 + p_4 + p_6 + p_{10} + p_{11}) / q \rceil$$

$$m_2 = \lceil (p_3 + p_5 + p_7 + p_9 + p_{11}) / q \rceil$$

以上から、1シンボル誤りであればパリティが

で誤り訂正が検出できる。即ち、誤り訂正を行ったことにより誤りのない情報系列にビット挿入が行われ、更に、 $P_i - Q_i = 0$  ( $i = 0, 1$ ) となれば手順1において誤り位置の特定ができないことになる。従つて、手順2, 3を実行すれば、誤っていない先頭のパリティによつて誤り訂正したビット挿入が検出され、 $P_i - Q_i = 0$  ( $i = 2, 4, 6, 8, 10, 11$ ) にはならない。

このため、手順1で誤り訂正を行った後に、 $P_i - Q_i = 0$  ( $i = 0 \dots 11$ ) となることを確認することにより、 $P_0, P_1$  の誤りを検出できる。

### ④ 情報系列Iが誤った場合

①～③の場合以外であれば情報系列の誤りであるので、前述の手順によつて正しく訂正される。

また、前述したようにパリティは1バイトの単位である $q$ ビット毎には区切れない。しかし、符号系列は先頭パリティ部と情報系列部、語尾パリティ部に分けられ、その3つのブロックに誤りがまたがらず、かつ1バイト以内の誤りを含む同期

誤りでも判定可能であることがわかる。

### <誤りを含む同期誤り訂正処理の説明>

以上の結果に基づいた、受信側における誤りを含む同期誤り訂正のアルゴリズムを第7図に示す。このアルゴリズムの動作を検証するために、 $q = 3, k = 5$ として簡単な例を示す。以下に説明する処理は、第3図の制御部1、パリティ解析部4及びパリティ生成部6により行なわれる。

送信側では次の情報系列Iとパリティ $P_0 \sim P_{11}$ を、第6図に示すデータフォーマットのように配置して送る。

$P_0, P_1$  は先頭のパリティもデータとして含むので、まず $P_2$ 以降のパリティを生成し、その後で $P_0, P_1$ を生成する。(ただし、ダミービットは省いて説明する。)

$$I = [I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7]$$

$$I = [100\ 110\ 001\ 010\ 011]$$

$$P_2 = 1 + 3 + 1 + 1 + 3 = 9 = 0 \pmod{3}$$

$$P_3 = 5 \cdot 1 + 4 \cdot 3 + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 1$$

$$+ 1 \cdot 3 = 25 = 0 \pmod{5}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= 3 + 1 + 3 + 5 + 1 = 13 = 1 \pmod{3} \\
 P_5 &= 5 \cdot 3 + 4 \cdot 1 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 5 \\
 &\quad + 1 \cdot 1 = 39 = 4 \pmod{5} \\
 P_6 &= 2 + 1 + 0 = 3 = 3 \pmod{6} \\
 P_7 &= 5 \cdot 2 + 3 \cdot 1 + 1 \cdot 0 \\
 &\quad = 13 = 1 \pmod{3} \\
 P_8 &= 2 + 1 + 2 = 5 = 5 \pmod{6} \\
 P_9 &= 5 \cdot 2 + 3 \cdot 1 + 1 \cdot 2 \\
 &\quad = 15 = 0 \pmod{3} \\
 P_{10} &= 2 + 1 + 0 + 1 + 0 + = 4 = 4 \pmod{7} \\
 P_{11} &= 0 + 0 + 1 + 0 + 2 = 3 = 3 \pmod{7} \\
 P_{12} &= 0 + 1 + 2 + 2 + 1 + 2 + 1 + 2 + 1 \\
 &\quad + 1 + 2 = 15 = 3 \pmod{6} \\
 P_{13} &= 1 \cdot 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 8 \cdot 2 \\
 &\quad + 7 \cdot 1 + 6 \cdot 2 + 5 \cdot 1 + 4 \cdot 2 \\
 &\quad + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 2 \\
 &\quad = 83 = 3 \pmod{5}
 \end{aligned}$$

これによつて、送信データは次のようになる。

$$\begin{aligned}
 &P_2|P_4|P_6|P_8|P_{10}|P_{11}|I_1|I_2|I_3|I_4|I_5|I_6|I_7|I_8|I_9|I_{10}|I_{11}|I_{12}|I_{13}| \\
 C &= [0001011101100011100110001010011
 \end{aligned}$$

データのビット数より1ビット少ないため、ステップS3でビット数が異なることになり、情報系列の誤りであるのでステップS4に進み、第8図に詳細を示す上述した手順1の処理を実行する。続いてステップS5で誤り位置が特定できたか否かを調べ、誤り位置jを特定できればステップS5よりステップS6に進み、上述した処理で誤りパターンを求め訂正する。そして続くステップS7で $P_i - Q_i = 0$ か否かを調べる。 $P_i - Q_i = 0$ であれば誤りなしであり訂正終了となる。

一方、 $P_i - Q_i = 0$ でなければ $P_0, P_1$ に誤りがあり、誤り位置を特定して訂正処理に移行する。

一方ステップS5で誤り位置が特定出来ない時にはステップS5よりステップS10に進み、 $P_i - Q_i$  ( $i = 2, 4, 8, 10, 11$ )を計算し、 $P_i - Q_i = 0$ であればステップS11に進み、 $P_2, P_4, P_8, P_{10}$ に誤りがあり、誤り位置を特定して訂正処理に移行する。

$P_i - Q_i = 0$ でなければステップS12に進

$$\begin{aligned}
 &P_3|P_5|P_7|P_9|P_{10}|P_{11} \\
 &0001000100011011]
 \end{aligned}$$

この場合において、例えば伝送中に $j = 3$ のシンボル $I_3 = [000]$ が $[01]$ と誤つた場合を例として主に説明する。

受信側のパリティ解析部4では、まずステップS1で受信データのビット数を数える。そしてステップS2でパリティ $P_0 \sim P_{11}$ を先頭と語尾から所定ビット数毎に区切ることによつて正しく分離する。そしてステップS3に進み、符号語のビット数と受信データのビット数とが等しいか否かを調べる。ビット数が等しい場合にはステップS21に進む。ステップS21では $P_i - Q_i$  ( $i = 0, \dots, 11$ )を計算し、 $P_i - Q_i = 0$ か否かを調べる。 $P_i - Q_i = 0$ であれば誤りなしでありステップS22に進み訂正処理を終了する。

一方、 $P_i - Q_i = 0$ でなければ誤りがあり、ステップS10に進む。

上述の例のような場合には、受信データは送信

み、 $P_i - Q_i$  ( $i = 3, 5, 7, 9$ )を計算する。 $P_i - Q_i = 0$ であればステップS13に進み、先頭パリティが誤りであり、誤り位置を特定して訂正処理に移行する。

$P_i - Q_i = 0$ でなければステップS15に進む。

手順1において誤り位置jが特定されない場合、例えば、上述した例の場合には、手順1において、受信情報系列 $I'$ と先頭パリティ、それから計算される $Q_0, Q_1$ は次のようになる。

$$\begin{aligned}
 &P_2|P_4|P_6|P_8|P_{10}|P_{11}|I_1'|I_2'|I_3'|I_4'|I_5'|I_6'|I_7'|I_8'|I_9'|I_{10}'|I_{11}'| \\
 C' &= [000101110110001110011001010011] \\
 Q_0 &= 0 + 1 + 2 + 2 + 1 + 2 + 1 + 2 + 1 \\
 &\quad + 1 + 2 = 15 = 3 \pmod{3} \\
 Q_1 &= 1 \cdot 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 8 \cdot 2 \\
 &\quad + 7 \cdot 1 + 6 \cdot 2 + 5 \cdot 1 + 4 \cdot 2 \\
 &\quad + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 2 \\
 &\quad = 83 = 3 \pmod{5}
 \end{aligned}$$

この場合には $P_0 - Q_0 = 0, P_1 - Q_1 = 0$ となり、 $y' = \sum I_i, q$ も常に0であるので、

手順1では誤り位置を特定できない。このような場合にはステップS15に進み、第9図に詳細を示す上述した手順2の処理を実行する。続いてステップS8で誤り位置が特定できたか否かを調べ、誤り位置jを特定できればステップS18に進む。

一方、上述した例の場合には、手順2で $Q_2$ 、 $Q_3$ を計算すると、

$$Q_2 = 1 + 3 + 1 + 1 + 3 = 9 = 3 \pmod{3}$$

$$Q_3 = 5 \cdot 1 + 4 \cdot 3 + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 1$$

$$+ 1 \cdot 3 = 25 = 0 \pmod{5}$$

となり、 $P_2 - Q_2 = 0$ 、 $P_3 - Q_3 = 0$ となるので手順2でも誤り位置を特定できない。このような場合にはステップS16よりステップS17に進み、第10図に詳細を示す上述した手順3の処理を実行する。そしてステップS18で上述した処理で誤りパターンを求め訂正処理を行う。そしてステップS19で、 $P_i - Q_i$  ( $i = 0, \dots, 11$ )を計算し、 $P_i - Q_i = 0$ か否かを調べる。 $P_i - Q_i = 0$ であれば誤りなしであり訂正

を終了する。

一方、 $P_i - Q_i = 0$ でなければ誤りがあり、ステップS20に進み誤り位置を検出して訂正処理に移行する。

例えば、上述の例の場合には、 $Q_0$ 、 $Q_1$ 、 $Q_{10}$ から $P_0 - Q_0$ 、 $P_1 - Q_1$ 、 $P_{10} - Q_{10}$ を計算して

$$Q_0 = 2 + 1 + 0 = 3 = 3 \pmod{6}$$

$$Q_1 = 5 \cdot 2 + 3 \cdot 1 + 1 \cdot 0$$

$$= 13 = 1 \pmod{3}$$

$$Q_{10} = 2 + 1 + 1 + 2 = 6 = 6 \pmod{7}$$

$$P_0 - Q_0 = P_1 - Q_1 = 0$$

$$P_{10} - Q_{10} = -2$$

従つて、 $2 - (P_{10} - Q_{10}) = 4$ 番目以降のシンボルが1ビットずれていることがわかる。

また、 $P_{10} - Q_{10} \neq 0$ 、 $P_2 - Q_2 \neq 0$ からパリティの誤りでないことがわかるので、情報系列I'の4番目のシンボルの前に0を挿入するか、 $j = 3$ としてそれ以外のシンボルのずれを次のように元に戻し $P_2$ 、 $P_{10}$ からI3の正しいパター

ンを計算する。

$$[I_0, I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8, I_9, I_{10}, I_{11}]$$

$$I = [100110??010011]$$

$$I_{11} = P_2 - (1 + 3 + 1 + 3)$$

$$= -8 = 1 \pmod{3}$$

$$I_{10} = P_{10} - (2 + 1 + 1 + 0)$$

$$= 0 = 0 \pmod{7}$$

$$I_3 = I_{11} \cdot 2^{11} = 1 \cdot 2^0$$

$$= 1 = [001]$$

以上によつて、誤り部分が[001]であることが解り、正しく誤り訂正されることになる。他の誤り例の場合にも、全く同様に正しく誤り訂正されることは明らかである。

以上説明したように、本実施例の誤りを含む同期誤りを訂正する符号化方法、及び誤り訂正装置によれば、同期誤りが生じるような通信路における同期誤りの前後に誤りが集中して起こると予想される様な場合にも、いままで発表されている誤り訂正符号または同期誤り訂正符号の様な、単なる誤りか同期誤りかのどちらかしが訂正の対象と

成らないのに比し、1シンボル内であれば任意の誤りを含む同期誤りが訂正できるので、前述した誤りに対処でき、また簡単な演算で訂正が行える。

以上説明した様に本実施例によれば、通信路に対する同期ずれを含むデータの誤りを検出・訂正できる。

また、すべて整数演算から成り立っているので、パリティ解析部4及びパリティ生成部6は、符号語を蓄えるメモリと整数演算回路によつて簡単に実現できる。

#### 【発明の効果】

以上説明した様に本発明によれば、簡単な構成で、通信路に対する同期ずれを含むデータの誤りを検出・訂正できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る一実施例の機能ブロック図、

第2図は本発明に係る他の実施例の機能ブロック図、



第3図は本発明に係る一実施例の構成を示すブロック図、

第4図は本実施例の手順1で誤り位置特定可能な場合を説明する図、

第5図は本実施例の手順1で誤り位置特定不能な場合を説明する図、

第6図は本実施例の符号を送信するときのデータフォーマットを示す図、

第7図は本実施例の受信側における誤り訂正処理を示すフローチャート、

第8図は第7図の手順1の詳細を示すフローチャート、

第9図は第7図の手順2の詳細を示すフローチャート、

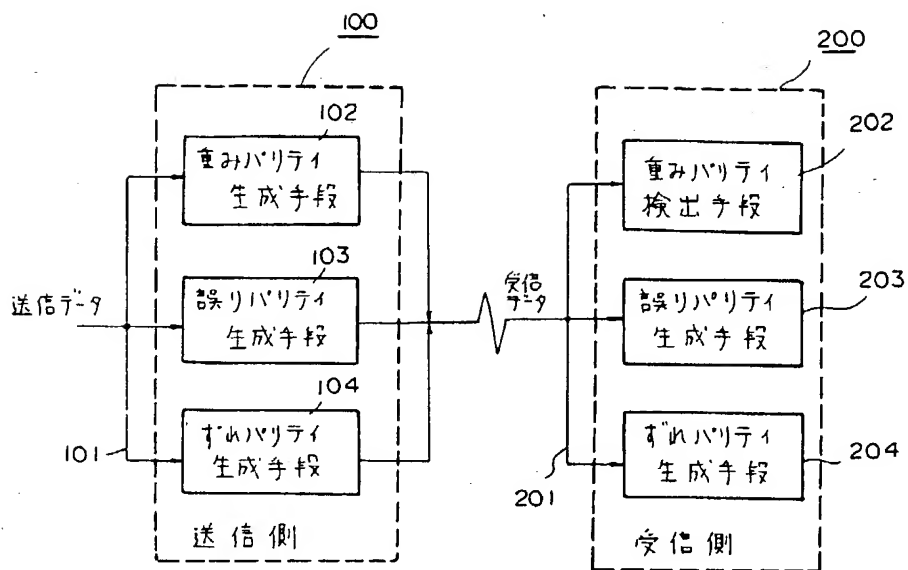
第10図は第7図の手順3の詳細を示すフローチャートである。

図中、1…制御部、2…ROM、3…受信部、4…パリティ解析部、5…受信バッファ、6…パリティ生成部、6…送信バッファ、15…ホスト、100…送信側、102…重みパリティ生成

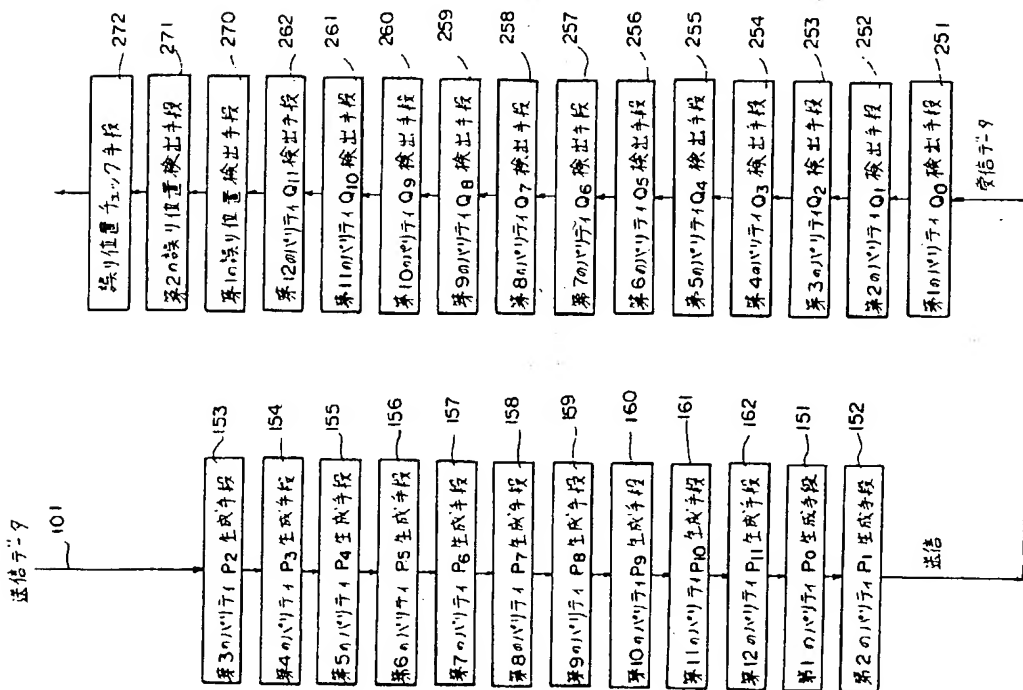
手段、103…誤りパリティ生成手段、104…ずれパリティ生成手段、151…第1のパリティP。生成手段、152…第2のパリティP。生成手段、153…第3のパリティP。生成手段、154…第4のパリティP。生成手段、155…第5のパリティP。生成手段、156…第6のパリティP。生成手段、157…第7のパリティP。生成手段、158…第8のパリティP。生成手段、159…第9のパリティP。生成手段、160…第10のパリティP。生成手段、161…第11のパリティP。生成手段、162…第12のパリティP。生成手段、200…受信側、202…重みパリティ検出手段、203…誤りパリティ検出手段、204…ずれパリティ検出手段、251…第1のパリティQ。生成手段、252…第2のパリティQ。生成手段、253…第3のパリティQ。生成手段、254…第4のパリティQ。生成手段、255…第5のパリティQ。生成手段、256…第6のパリティQ。生成手段、257…第7のパリティQ。生成手段、

258…第8のパリティQ。生成手段、259…第9のパリティQ。生成手段、260…第10のパリティQ。生成手段、261…第11のパリティQ。生成手段、262…第12のパリティQ。生成手段、270…第1の誤り位置検出手段、271…第2の誤り位置検出手段である。

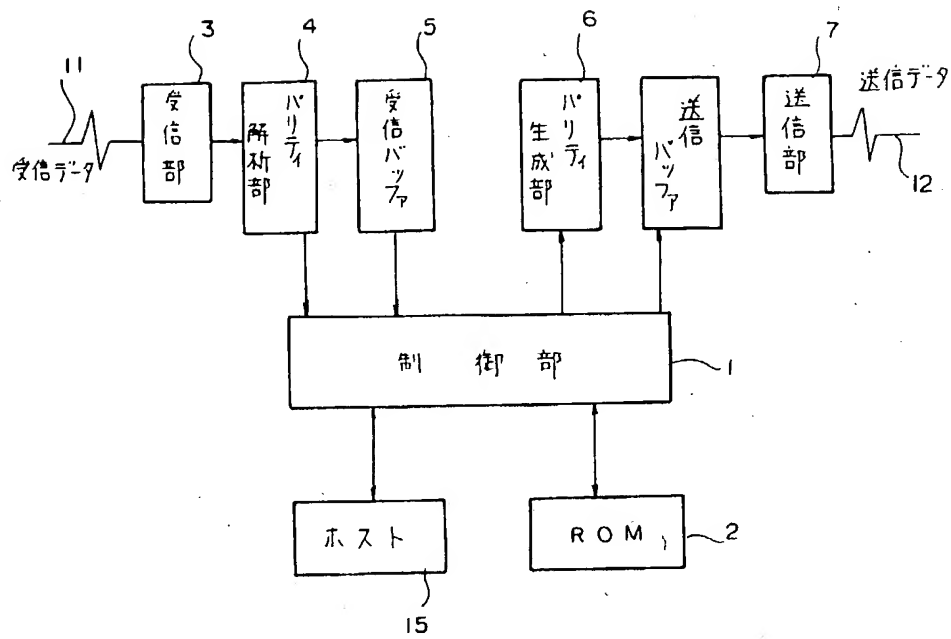
特許出願人 キヤノン 株式会社  
代理人 弁理士 大塚康徳(他1名)



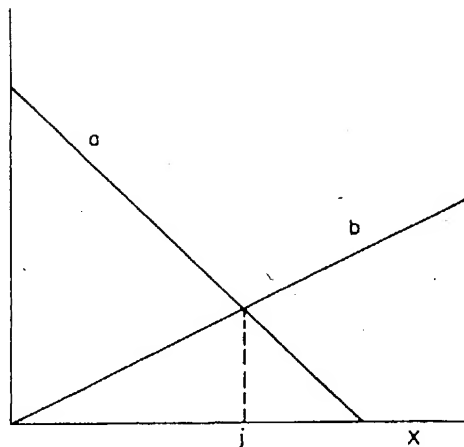
第 1 図



第 2 図



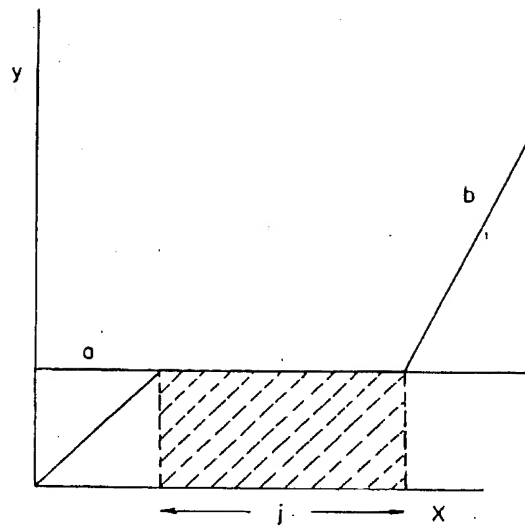
第 3 図



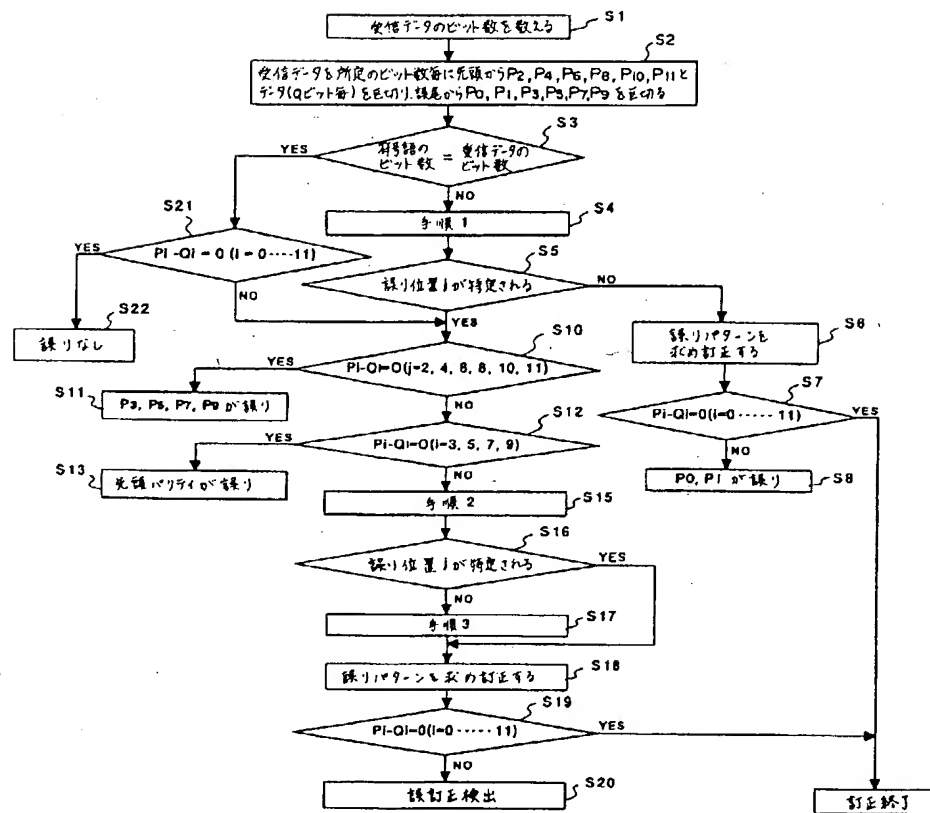
第 4 図

P <sub>2</sub> , P <sub>4</sub> , P <sub>6</sub> , P <sub>8</sub> , P <sub>10</sub> , P <sub>11</sub>	I	P <sub>3</sub> , P <sub>5</sub> , P <sub>7</sub> , P <sub>9</sub>	P <sub>0</sub> P <sub>1</sub>
---	---	---	-------------------------------

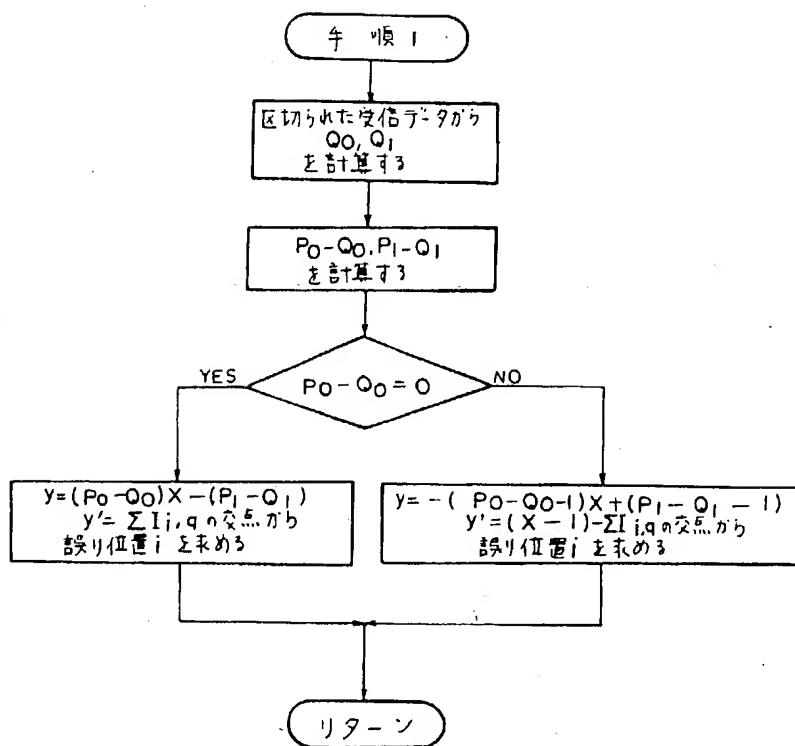
第 6 図



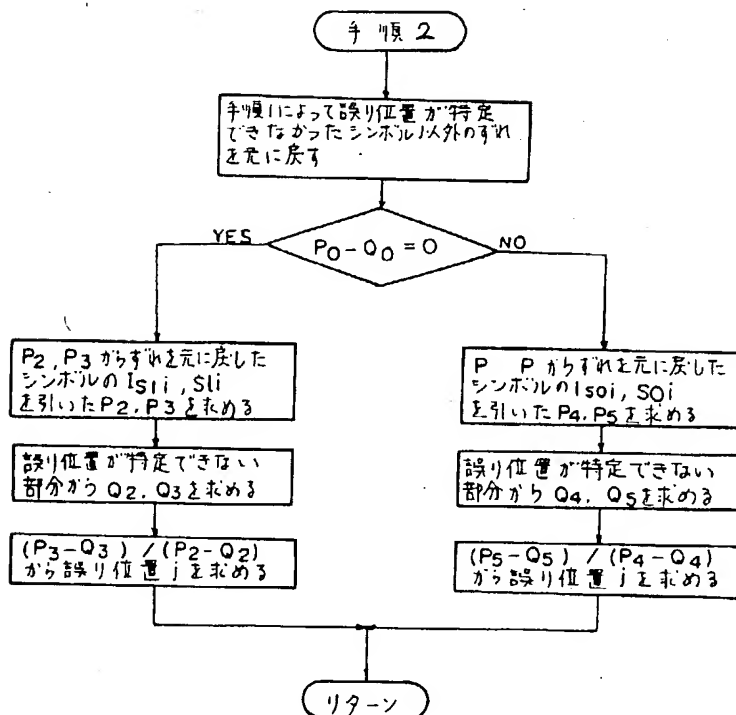
第 5 図



第 7 图



第 8 図



第 9 図

